

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

DK 174008 B B01F-005/04 Previous Publ. patent DK 8804532

Abstract (Basic): EP 303439 A

Gas mixer and distributor for feeding gaseous reaction mixt. to reactor, gas mixt. and distributor having first chamber with first inlet for receiving first gaseous reactant, second chamber with second inlet for receiving second gaseous reactant. characterised by second chamber being between first chamber and entrance of reaction chamber. Enclosed walls form elongated passageways extending from first chamber through second chamber to reactor; each elongated passageway has first section of uniform cross-section communicating at first end with first chamber and second section of gradually increasing cross-section communicating between second end of first section and reactor entrance.

USE/ADVANTAGE - Gas mixer and distributor for reactor. Gas mixer and distributor for a reactor with reduced under/over reacted prod. portions.

Title Terms: GAS; MIX; DISTRIBUTE; REACTOR; INLET; INLET; ENTER; REACT; CHAMBER; WALL; FORM; TUBE; PASSAGE; CHAMBER; REACT; CHAMBER

Derwent Class: E17; E36; H04; J04; Q53

International Patent Class (Main): B01F-003/02; B01F-005/02; B01F-005/04; B01J-008/02; C01B-003/38

International Patent Class (Additional): B01D-000/00; B01F-003/04; B01F-005/06; B01F-005/10; B01J-004/00; B01J-012/00; F02M-033/00

File Segment: CPI; EngPI

1/5/7

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

007660166 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1988-294098/ 198842

XRAM Acc No: C88-130278

XRPX Acc No: N88-223261

**Reactor for endothermic reaction of gases - comprises vertical cylindrical vessel coaxial with endothermic reaction chamber with 2 cylindrical walls**

Patent Assignee: TOYO ENG CORP (TOXS )

Inventor: NAITOH A; NUMAGUCHI T; UOZU H

Number of Countries: 006 Number of Patents: 007

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 3810521	A	19881013	DE 3810521	A	19880328	198842 B
NL 8800804	A	19881017	NL 88804	A	19880330	198845
JP 1004232	A	19890109	JP 8864409	A	19880317	198907
US 4849187	A	19890718	US 88173997	A	19880328	198936
IT 1216537	B	19900308				199207
CA 1302089	C	19920602	CA 562933	A	19880330	199228
JP 94042940	B2	19940608	JP 8864409	A	19880317	199421

Priority Applications (No Type Date): JP 8864409 A 19880317; JP 8775956 A 19870331

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 3810521	A		19		
US 4849187	A		16		
JP 94042940	B2	15		B01J-008/06	Based on patent JP 1004232
CA 1302089	C			B01J-008/02	

Abstract (Basic): DE 3810521 A

An arrangement for the endothermic reaction of a gas includes a vertical cylindrical vessel (100) coaxial with which is a circular endothermic reaction chamber (818) with two cylindrical walls (822, 824). Other components include a gas-permeable cylindrical combustion-catalyser holding wall (300+400) which is coaxial with the vessel (100) and which has, on the side facing the reaction chamber (818), a catalyser holding bed (400). A mixt. of a fuel gas and an oxygen-contg. gas is burned by the catalyser to become a combustion gas and produce heat. An initial- or raw-material gas flows through the reaction chamber, where it reacts endothermically and becomes a prod. gas which gives up heat before it leaves the reactor.

The example shown is intended for converting hydrocarbons into a gaseous mixt. contg. large amts. of hydrogen and carbon monoxide as active constituents, by the transformation of the hydrocarbons with steam at high temps. in the presence of a steam re-forming catalyst. The cylindrical reaction vessel (100) includes a gas-permeable wall (170) surrounding a charging duct (160) for oxygen-contg. gas.

USE/ADVANTAGE - A typical use is for steam re-forming. The reactor has high efficiency combined with min. bulk.

Title Terms: REACTOR; ENDOTHERMIC; REACT; GAS; COMPRISE; VERTICAL; CYLINDER ; VESSEL; COAXIAL; ENDOTHERMIC; REACT; CHAMBER; CYLINDER; WALL

Index Terms/Additional Words: FUEL; CELL

Derwent Class: H04; L03; X16

International Patent Class (Main): B01J-008/02; B01J-008/06

International Patent Class (Additional): B01J-001/00; B01J-012/00;

B01J-019/24; B01J-023/40; C01B-003/38; F27B-001/00; F27B-017/00

File Segment: CPI; EPI

?

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 3810521 A1

②1 Aktenzeichen: P 38 10 521.7  
②2 Anmeldetag: 28. 3. 88  
④3 Offenlegungstag: 13. 10. 88

⑤1 Int. Cl. 4:  
B01J 8/02  
C 01 B 3/38  
B 01 J 23/40  
B 01 J 23/74  
// B01J 19/24,  
H01M 8/00

*Behördeneigentum*

DE 3810521 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
31.03.87 JP P 75956/87 17.03.88 JP P 64409/88

⑦1 Anmelder:  
Toyo Engineering Corp., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:  
Schüler, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 6000  
Frankfurt

⑦2 Erfinder:  
Uozu, Hisahiro; Naitoh, Akio; Numaguchi, Toru,  
Chiba, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung für eine endotherme Reaktion eines Gases

Vorrichtung für eine endotherme Reaktion eines Gases wie z. B. Dampf-Reformierung mit einem zylindrischen Gefäß, in dem ein Brennstoffgas-Beschickungsraum, eine Verbrennungskatalysator-Haltewand, ein Verbrennungsgas-Durchgangsraum und ein Reaktionsraum vorgesehen sind, die alle zylindrisch oder ringförmig sind und koaxial in dieser Reihenfolge zusammengestellt sind. Die Katalysator-Haltewand besitzt eine Verbrennungskatalysator-Halteschicht auf ihrer Seite des Verbrennungsgas-Durchgangsraumes, und der Reaktionsraum besitzt einen Produktgas-Durchgang. Dadurch wird ein Gemisch aus einem Brennstoffgas und einem sauerstoffhaltigen Gas, das durch die Katalysator-Haltewand von dem Beschickungsraum in den Verbrennungsgas-Durchgangsraum strömt, durch den Katalysator verbrannt, um ein Verbrennungsgas zu werden und um Verbrennungswärme zu erzeugen, und das Verbrennungsgas wird abgelassen, während die Wärme an den Reaktionsraum hauptsächlich durch Strahlung von der Katalysator-Schicht abgegeben wird. Ein Ausgangs- oder Rohmaterialgas strömt durch den Reaktionsraum, wo es endotherm reagiert, um ein Produktgas zu werden, das durch den Produktgas-Durchgang in Gegenstromanordnung für Wärmeaustausch mit dem Ausgangs- oder Rohmaterialgas, das durch den Reaktionsraum strömt, abgelassen wird.

DE 3810521 A1

## Patentansprüche

1. Vorrichtung für eine endotherme Reaktion eines Gases, die ein vertikales zylindrisches Gefäß umfaßt, gekennzeichnet durch:
  - 5 einen ringförmigen endothermen Reaktionsraum (818), der zwei zylindrische Wände (822, 824) besitzt, die koaxial zu dem Gefäß (100) verlaufen,
  - eine gasdurchlässige, zylindrische Verbrennungskatalysator-Haltewand, die eine Verbrennungskatalysator-Halteschicht (400) auf ihrer einen Seite, die dem Reaktionsraum zugewandt ist, hält, wobei diese Wand wenigstens einer der zylindrischen Wände des Reaktionsraums benachbart ist und koaxial mit dem Gefäß verläuft,
  - 10 einen Verbrennungsgas-Durchgangsraum (500), der ein von einer Wand eingeschlossener ringförmiger Raum ist, welcher wenigstens eine der zylindrischen Wände des Reaktionsraumes und die Verbrennungskatalysator-Haltewand einschließt,
  - einen Produktgas-Durchgang (830), der in einer Gegenstromanordnung für Wärmeaustausch mit dem Reaktionsraum steht und mit demselben an seinem einen Ende verbunden ist,
  - 15 einen Beschickungsraum für Brennstoffgas, der sich auf einer anderen Seite der Verbrennungskatalysator-Haltewand als der Verbrennungsgas-Durchgangsraum befindet und von einer Wand eingeschlossen ist, die die Verbrennungskatalysator-Haltewand einschließt, wobei die Vorrichtung: Beschickungseinrichtungen für Ausgangs- oder Rohmaterialgas, die mit dem Reaktionsraum an einem anderen Ende desselben verbunden sind,
  - 20 Beschickungseinrichtungen für Brennstoffgas (220, 250, ...) und Beschickungseinrichtungen für sauerstoffhaltiges Gas (160), die beide mit dem Beschickungsraum für Brennstoffgas verbunden sind, Verbrennungsgas-Ablaßeinrichtungen (710, ...), die mit dem Verbrennungsgas-Durchgangsraum verbunden sind und
  - 25 Produktgas-Ablaßeinrichtungen (834, ...), die mit dem Produktgas-Durchgang (830) verbunden sind, umfaßt; wobei: ein Brennstoffgas durch die Beschickungseinrichtung für Brennstoffgas und ein sauerstoffhaltiges Gas durch die Beschickungseinrichtung für sauerstoffhaltiges Gas in den Beschickungsraum für Brennstoffgas eingebracht werden, danach diese zwei Gase durch die Verbrennungskatalysator-Haltewand in den Verbrennungsgas-Durchgangsraum strömen und das Brennstoffgas durch den Verbrennungskatalysator verbrannt wird; durch diese Verbrennung erzeugte Wärme zu dem Reaktionsraum durch Strahlung von der Verbrennungskatalysator-Halteschicht durch den Verbrennungsgas-Durchgangsraum und die besagte wenigstens eine der Wände des Reaktionsraumes gebracht wird; ein durch die Verbrennung erzeugtes Verbrennungsgas durch den Verbrennungsgas-Durchgangsraum und die Verbrennungsgas-Ablaßeinrichtungen abgelassen wird und Restwärme des Verbrennungsgases ebenfalls an den Reaktionsraum durch die besagte wenigstens eine der Wände des Reaktionsraumes abgegeben wird; und
  - 35 ein Ausgangs- oder Rohmaterialgas durch die Beschickungseinrichtungen für Ausgangs- oder Rohmaterialgas in den Reaktionsraum eingeführt wird, durch diesen hindurchströmt und endotherm reagiert, wodurch es zu einem Produktgas wird, dann das Produktgas durch den Produktgas-Durchgang im Gegenstrom mit dem Ausgangs- oder Rohmaterialgas, das durch den Reaktionsraum strömt, wobei es seine Restwärme an das Ausgangs- oder Rohmaterialgas abgibt, und durch die Produktgas-Ablaßeinrichtungen abgelassen wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbrennungskatalysator-Haltewand (300, 400) zu dem Reaktionsraum auf dessen einer Seite gerichtet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für den Reaktionsraum ein Paar dieser Verbrennungskatalysator-Haltewände vorgesehen ist und jede dieser Verbrennungskatalysator-Haltewände zu dem Reaktionsraum hin, und zwar an seinen beiden Seiten, gerichtet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl derartiger Reaktionsräume koaxial angeordnet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein ringförmiger Teil von ihr in eine Vielzahl bogenförmiger Blöcke durch eine Vielzahl von Trennwänden unterteilt ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoffgas-Beschickungsraum in seinem Inneren mit Mischvorrichtungen zum Mischen des Brennstoffgases mit dem sauerstoffhaltigen Gas versehen ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit Mischeinrichtungen für das Brennstoffgas und das sauerstoffhaltige Gas zwischen dem Brennstoffgasbeschickungsraum und den beiden Beschickungseinrichtungen für Brennstoffgas und sauerstoffhaltiges Gas versehen ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Wand, die den Verbrennungsgas-Durchgangsraum einschließt, an einem stromabwärts gelegenen Ende in bezug auf die Strömung des Verbrennungsgases aus einem gasdurchlässigen Material hergestellt ist, wobei durch diese Wand das Verbrennungsgas von dem Verbrennungsgas-Durchgangsraum abgelassen wird, während Restwärme dieses Gases von dem Material zurückgestrahlt wird zu der Strömung des Verbrennungsgases.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktionsraum mit einem Reaktionskatalysator für die endotherme Reaktion gefüllt ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß außerdem in dem Gefäß (100) eine weitere zylindrische gasdurchlässige Wand vorgesehen ist, die koaxial mit dem zylindrischen Gefäß verläuft und die auf die Verbrennungskatalysator-Haltewand hin und zwar eine andere Seite als die Verbrennungskatalysator-Schicht gerichtet ist und die von einer Wand eingeschlossen ist, die einen Beschickungsraum für sauerstoffhaltiges Gas umschließt, der koaxial mit dem Gefäß verläuft und mit den Beschickungseinrichtungen

gen für das sauerstoffhaltige Gas verbunden ist, und daß die Brennstoffgas-Beschickungseinrichtungen mit einem weiteren ringförmigen Raum verbunden sind, der sandwichartig von der weiteren zylindrischen Wand und der Verbrennungskatalysator-Haltewand umgeben ist, wobei der Brennstoffgas-Beschickungsraum den weiteren ringförmigen Raum und den Beschickungsraum für sauerstoffhaltiges Gas umfaßt, und daß der weitere ringförmige Raum mit Brennstoffgas-Verteilereinrichtungen zum Verteilen des Brennstoffgases darin entlang der vertikalen Richtung versehen ist und in horizontalen Richtungen mit den Brennstoffgas-Beschickungseinrichtungen verbunden ist, wobei:

das sauerstoffhaltige Gas durch die Beschickungseinrichtungen für sauerstoffhaltiges Gas in den Beschickungsraum für sauerstoffhaltiges Gas strömt und durch die besagte weitere zylindrische Wand in den weiteren ringförmigen Raum strömt;

und das Brennstoffgas durch die Brennstoffgas-Beschickungseinrichtungen und die Brennstoffgas-Verteilereinrichtungen in den weiteren ringförmigen Raum eingeführt wird, darin mit dem sauerstoffhaltigen Gas gemischt wird und dann ein entstehendes gemischtes Gas durch die Verbrennungskatalysator-Haltewand strömt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffgas-Verteilereinrichtungen eine Vielzahl von Leitungen umfassen, die in dem weiteren ringförmigen Raum angeordnet sind, wobei ihre Längsrichtung vertikal verläuft und eine Wand von ihnen eine Vielzahl von Poren aufweist, mittels derer das Brennstoffgas aus diesen Rohren durch die Poren in den weiteren Raum ausgesprüht wird.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbrennungskatalysator als aktiven Bestandteil wenigstens einen Bestandteil enthält, der aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Palladium, Platin, Nickel und Verbindungen derselben besteht.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Vergrößerung der Oberflächengröße auf der Oberfläche der zylindrischen Wand des Reaktionsraumes vorgesehen sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Verbrennungsgas-Durchgangsraumes im Bereich von 5 bis 200 mm liegt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Verbrennungskatalysator-Halteschicht im Bereich von 1 bis 40 mm liegt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der aktive Bestandteil des Verbrennungskatalysators auf einem gasdurchlässigen, hochschmelzenden oder feuerfesten Körper getragen wird.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbrennungskatalysator-Haltewand aus einem feuerfesten isolierenden Material hergestellt ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Verbrennungskatalysator-Haltewand ohne die Verbrennungskatalysator-Schicht in dem Bereich von 0,5 bis 20 mm liegt.

19. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine zusätzliche poröse zylindrische Wand an einer anderen Seite der Verbrennungskatalysator-Haltewand als der Verbrennungskatalysator-Schicht angebracht ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wärmeaustauscher zur Rückgewinnung von Abwärme des Verbrennungsgases an das sauerstoffhaltige Gas an einem stromabwärts gelegenen Ende der Beschickungseinrichtungen für sauerstoffhaltiges Gas vorgesehen ist.

#### Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung für eine endotherme Reaktion eines Gases, für die Dampf-Reformierung typisch ist, bei der die in dem Raum zur Erzeugung von Verbrennungsgas mit einem kleinstmöglichen Volumen erzeugte Verbrennungswärme an die Reaktionsbestandteile in dem Reaktor für die gewünschte Reaktion durch die Wand des Reaktors als Wärmefluß mit hoher Dichte übertragen wird.

Um die Verbrennungswärme, die in dem Raum oder in der Kammer zur Erzeugung von Verbrennungsgas erzeugt wird, an die Reaktionsbestandteile oder an das Ausgangsmaterialgas durch die Wand des Reaktors in Form eines Wärmestromes hoher Dichte zu übertragen, ist es allgemeine Praxis bei gasförmigen endothermen Reaktionsapparaturen, wie z. B. bei einer Dampf-Reformierungsapparatur, die Temperatur des Verbrennungs- oder Rauchgases in dem Raum zur Erzeugung des Verbrennungsgases so hoch wie möglich zu halten, die Dicke der Verbrennungsgasschicht zu maximalisieren, das Reflektionsvermögen für Wärmestrahlen an der inneren Oberfläche des Verbrennungsofens, die den Raum für die Erzeugung des Verbrennungsgases begrenzt, zu maximalisieren, usw.

Selbst wenn diese Maßnahmen alle gleichzeitig angewendet werden, beträgt der Wärmestrom, der die Wand des Reaktors durchdringt, in einer industriellen Apparatur oder Vorrichtung höchstens etwa 628 000 kJ/m<sup>2</sup>h (150 000 kcal/m<sup>2</sup>h).

Die Vergrößerung der Dicke der Verbrennungsgasschicht würde bewirken, daß das Volumen des Verbrennungsofens unvermeidbar groß wird, so daß die entstehende Gesamtapparatur notwendigerweise in ihren Abmessungen vergrößert wird, selbst wenn das Volumen des Reaktors selbst, der sich im Inneren befindet und durch den Verbrennungsofen beheizt wird, klein ist.

In der Praxis wurde das Volumen des Verbrennungsofens reduziert, indem in den Verbrennungsofen ein hochschmelzendes festes Material mit viel größerem Emissionsvermögen als Gase bei hohen Temperaturen eingesetzt wurde und das feste Material mit dem Verbrennungsgas erhitzt wurde, um es auf hohen Temperaturen zu halten, damit es Wärmestrahlung von dem festen Material zu der Wand des Reaktors emittiert. Weiterhin wurde für den gleichen Zweck auch vorgeschlagen, die Verbrennungswärme auszunutzen, die durch die katalytische Oxidation von Brennstoff erzeugt wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung für eine endotherme Reaktion von Gasen wie beispielsweise

eine Dampf-Reformierungsvorrichtung mit einer hohen Kapazität zu schaffen, deren Volumen so klein wie möglich gehalten wird.

Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe durch eine Vorrichtung gelöst, die zusammengefaßt folgendermaßen beschrieben werden kann.

- 5 In einem vertikalen zylindrischen Gefäß werden vorgesehen:  
 ein ringförmiger endothermer Reaktionsraum, der zwei zylindrische Wände besitzt, die koaxial zu dem Gefäß verlaufen,  
 eine gasdurchlässige, zylindrische Verbrennungskatalysator-Haltewand, die eine Verbrennungskatalysator-Halteschicht auf ihrer einen Seite, die dem Reaktionsraum zugewandt ist, hält, wobei diese Wand wenigstens einer  
 10 der zylindrischen Wände des Reaktionsraumes benachbart ist und koaxial mit dem Gefäß verläuft,  
 ein Verbrennungsgas-Durchgangsraum, der ein ringförmiger Raum ist, der von einer Wand eingeschlossen wird, die wenigstens eine der zylindrischen Wände des Reaktionsraumes und die Verbrennungskatalysator-Haltewand einschließt,  
 ein Produktgas-Durchgang, der in einer Gegenstromanordnung für Wärmeaustausch mit dem Reaktionsraum  
 15 steht und mit demselben an seinem einen Ende verbunden ist, und  
 ein Beschickungsraum für Brennstoffgas, der sich auf einer anderen Seite der Verbrennungskatalysator-Haltewand als der Verbrennungsgas-Durchgangsraum befindet und von einer Wand eingeschlossen ist, die die Verbrennungskatalysator-Haltewand einschließt; wobei die Vorrichtung:  
 Beschickungseinrichtungen für Ausgangs- oder Rohmaterialgas, die mit dem Reaktionsraum an einem anderen  
 20 Ende desselben verbunden sind,  
 Beschickungseinrichtungen für Brennstoffgas und Beschickungseinrichtungen für sauerstoffhaltiges Gas, die beide mit dem Beschickungsraum für Brennstoffgas verbunden sind,  
 Verbrennungsgas-Ablaeßeinrichtungen, die mit dem Verbrennungsgas-Durchgangsraum verbunden sind,  
 Produktgas-Ablaeßeinrichtungen, die mit dem Produktgas-Durchgang verbunden sind, umfaßt und wobei:  
 25 ein Brennstoffgas und ein sauerstoffhaltiges Gas in den Beschickungsraum für Brennstoffgas entsprechend durch die Beschickungseinrichtung für Brennstoffgas bzw. die Beschickungseinrichtung für das sauerstoffhaltige Gas eingebracht werden, wobei die zwei Gase der Vorrichtung gemäß der Erfindung getrennt zugeführt werden und dann vor oder nach dem Eintreten in den Beschickungsraum miteinander gemischt werden oder der Vorrichtung gemäß der Erfindung zugeführt werden, nachdem sie vorher miteinander gemischt worden sind,  
 30 und dann durch gemeinsame Beschickungseinrichtungen geführt werden; danach die gemischten Gase durch die Verbrennungskatalysator-Haltewand in den Verbrennungsgas-Durchgangsraum strömen und während des Durchströmens das Brennstoffgas durch den Verbrennungskatalysator verbrannt wird; die durch die Verbrennung erzeugte Wärme zu dem Reaktionsraum durch Strahlung von der Verbrennungskatalysator-Halteschicht durch den Verbrennungsgas-Durchgangsraum und die wenigstens eine der Wände des Reaktionsraumes gebracht wird; ein Verbrennungsgas, das durch die Verbrennung entsteht, durch den Verbrennungsgas-Durchgangsraum und die Verbrennungsgas-Ablaeßeinrichtungen abgelassen wird und die Restwärme des Verbrennungsgases ebenfalls an den Reaktionsraum durch die wenigstens eine der Wände des Reaktionsraumes abgegeben wird; und  
 andererseits ein Ausgangs- oder Rohmaterialgas durch die Beschickungseinrichtungen für Ausgangs- oder Rohmaterialgas in den Reaktionsraum eingeführt wird, durch diesen hindurchströmt und endotherm reagiert,  
 40 um ein Produktgas zu werden, dann das Produktgas durch den Produktgas-Durchgang im Gegenstrom mit dem durch den Reaktionsraum strömenden Ausgangs- oder Rohmaterialgas strömt, wobei es seine Restwärme an das Ausgangs- oder Rohmaterial abgibt, und durch die Produktgasablaßeinrichtungen abgelassen wird.

Im folgenden werden Ausführungsformen der Erfindung durch Ausführungsbeispiele näher erläutert, wobei  
 45 auch auf die Zeichnungen bezug genommen wird.

In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel für eine Ausführungsform der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung; dabei ist Fig. 1 ein vertikaler oder Längsquerschnitt einer zylindrischen Vorrichtung für die Umwandlung von Kohlenwasserstoffen in ein gasförmiges Gemisch, das große Mengen an Wasserstoff und Kohlenmonoxid als aktive Bestandteile enthält, durch Umsetzen der Kohlenwasserstoffe mit Dampf bei hohen Temperaturen in Anwesenheit eines Dampf-Reformierungskatalysators;  
 50

Fig. 2 den horizontalen Querschnitt der zylindrischen Vorrichtung entlang der Linie A-A in Fig. 1,

Fig. 3 einen gekürzten vertikalen Teil-Querschnitt einer Ausführungsform mit koaxialen inneren und äußeren ringförmigen Reaktionsräumen, von denen jeder auf der Innenseite eine entsprechende Verbrennungskatalysator-Halteschicht besitzt,  
 55

Fig. 4 einen vereinfachten Querschnitt der Ausführungsform mit zwei ringförmigen Reaktionsräumen oder Reaktoren und den Blöcken der ringförmigen Einheit,

Fig. 5 Ausführungsformen mit drei Sätzen des Reaktoreinheiten-Zusammenbaus in vereinfachtem horizontalem Querschnitt, wobei 5a die vollständige Form zeigt und 5b eine Teildarstellung ist, die weiter abtrennbare Blöcke zeigt,  
 60

Fig. 6 einen teilweise vertikalen Querschnitt von zwei Ausführungsformen mit 6a für innere Heizquelle und 6b für äußere Heizquelle,

Fig. 7 eine Ausführungsform in partiellem verkürztem vertikalem Querschnitt mit zwei Reaktionsräumen, von denen beide mit entsprechenden inneren und äußeren Katalysator-Haltewänden versehen sind,

Fig. 8 verkürzte teilweise horizontale Querschnitte des Reaktionsraumes, um bevorzugte Formen des Produktgas-Durchgangs, der durch den Reaktionsraum nach oben führt, zu erläutern,  
 65

Fig. 9 eine Ausführungsform ähnlich der von Fig. 3, jedoch mit anderen statischen Gasmischeinrichtungen, und

Fig. 10 eine Ausführungsform ähnlich derjenigen in Fig. 7, jedoch ohne Brennstoffgasmischeinrichtungen.

In der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung wird ein gasförmiger Brennstoff oder ein flüssiger Brennstoff, der in einem fein zerteilten Zustand zusammen mit Luft zugeführt wird, mit Sauerstoff angereicherte Luft oder ein anderes Sauerstoff enthaltendes Gas einem Verbrennungskatalysator zugeführt, der in dem Heizofen der Vorrichtung vorhanden ist und Palladium, Platin oder Nickel als eine aktive oder wirksame Komponente enthält, wo der Brennstoff katalytischer Verbrennung unterworfen wird, um die erforderliche Verbrennungswärme unter genauer Steuerung der Temperaturverteilung innerhalb der Verbrennungszone zu erzeugen.

Die endotherme Reaktionszone, die durch die katalytische Verbrennung erwärmt werden soll, besteht aus der Wand eines Reaktors, die aus einem Material mit einer hohen mechanischen Festigkeit, mit hoher Wärmebeständigkeit und einem hohen Koeffizienten des Gesamtwärmedurchgangs oder der Gesamtwärmeübertragung hergestellt ist, und einem darin eingeschlossenen Raum oder einer darin eingeschlossenen Kammer, wo, wenn es nötig ist, ein Katalysatorbett für die endotherme Reaktion oder ein festes Füllmaterial eingepackt ist.

Wenn es erforderlich ist, können auf der Oberfläche der Wände des Reaktors, die die Reaktionszone einschließen, Zusätze vorhanden sein.

Beispielsweise können Vorsprünge, Stege und dergleichen vorhanden sein, die die innere oder äußere Oberflächengröße der Wände des Reaktors oder des Reaktionsraumes vergrößern.

Die Wärmeübertragungsoberfläche des Reaktors ist ausgerichtet auf die Verbrennungskatalysator-Schicht ganz oder teilweise über einen Raum, der für den Durchgang des Verbrennungsgases zu einer Abblösdüse notwendig ist, und dieser Raum kann als "Verbrennungsgas-Durchgangsraum" bezeichnet werden.

Die Dicke des Verbrennungsgas-Durchgangsraumes oder des Abstandes zwischen der Wärmeübertragungsoberfläche des Reaktors und der Verbrennungskatalysator-Schicht sollte in dem Bereich von 5 bis 200 mm liegen.

Der Raum dient seiner Funktion nach als ein Strömungsweg für das Verbrennungsgas, das durch die katalytische Verbrennung in der Verbrennungskatalysator-Schicht gebildet wird.

Die Geschwindigkeit des Verbrennungsgases in diesem Raum wird vorzugsweise in dem Bereich von 0,1 bis 5 m/sek. gehalten.

Die Dicke der Verbrennungskatalysator-Schicht wird vorzugsweise in dem Bereich von 1 bis 40 mm, in Abhängigkeit von der erforderlichen Wärmemenge, gewählt.

Die Verbrennungskatalysator-Haltewand ist mit einem wärmebeständigen Material mit poröser Struktur und mit ausreichender mechanischer Festigkeit aufgebaut. Ein derartiges Material kann ein keramischer oder ein metallischer Feststoff aus gasdurchlässigem Aufbau oder von gasdurchlässiger Struktur sein wie z. B. ein Netz, Watte oder Polsterstoff, gewebtes oder gewirktes textiles Material oder Vliesstoff, Faserstoff, Faden- oder Drahtbündel oder schwammartige Strukturen mit offenen Zellen.

Die Katalysator-Haltewand kann aus einem derartigen Material oder aus einer Kombination mehrerer dieser Materialien aufgebaut sein, kann aus dem Material selbst oder aus dem Material, das auf einem gewissen Rahmen, Gehäuse oder dergleichen getragen wird, aufgebaut sein.

Der Abschnitt der Verbrennungskatalysator-Haltewand, die keinen Verbrennungskatalysator hält, ist auf einer Seite der Wand gelegen, die an den Brennstoffgas-Beschickungsraum angrenzt.

Die Funktion dieses Abschnittes ist es, Rückzündung von der Verbrennungskatalysator-Schicht in den Brennstoffgas-Beschickungsraum oder weiter zu verhindern und die Wärme von der Verbrennungskatalysator-Schicht zu isolieren und zu reflektieren und in einigen Fällen die Katalysatorschicht zu tragen und zu unterstützen.

Es kann eine zusätzliche Wand auf einer Seite der Verbrennungskatalysator-Haltewand installiert werden, wobei diese Seite der Katalysatorschicht gegenüberliegt und bis zu einem bestimmten Ausmaß von der Katalysator-Haltewand entfernt liegt, um die Rückzündung noch besser zu verhindern oder um die Verteilung entlang der vertikalen Richtung der Strömungsrate des Brennstoffgasgemisches mit dem sauerstoffhaltigen Gas durch die Katalysator-Haltewand zu steuern.

Die zusätzliche Wand kann aus Metallnetz, Streckmetall oder dergleichen oder einer Kombination derselben hergestellt sein, wobei die Porosität, der Grad der Öffnung oder die lichte Weite in einigen Fällen variiert wird, um die vorgenannte Strömungsrate zu steuern.

Die Mittel zur Verhinderung von Rückzündung wie beispielsweise übliche Flammenableiter können weiter vorgesehen werden, wenn es erforderlich ist, entlang des Strömungsweges des Brennstoffgasgemisches nach unten zu der Verbrennungskatalysator-Haltewand oder der zusätzlichen Wand.

Die Wärme, die in der Katalysatorschicht erzeugt wird, wird durch Feststoffstrahlung von ihr zu dem Reaktionsraum durch den Verbrennungsgas-Durchgangsraum und die Wand des Reaktionsraumes in den Reaktionsraum abgestrahlt, wo die endotherme Reaktion des Ausgangsmaterials durchgeführt wird. Da der Durchgang der Wärme durch den Wandabschnitt ohne Verbrennungskatalysator durch die Isolationsfunktion dieses Wandabschnittes verhindert wird und die Wärme zu der Katalysatorschicht reflektiert oder zurückgestrahlt wird, und auch das Brennstoffgemischgas, das durch den Wandabschnitt strömt, die Wärme in die Katalysatorschicht trägt, wird die Verbrennungswärme mit hohem Wirkungsgrad in den Reaktionsraum gebracht.

Für die Herstellung der Verbrennungskatalysator-Schicht kann ein feuerfestes Material mit poröser Struktur, das auch eine hohe mechanische Festigkeit aufweist, in eine Lösung eingetaucht werden, die den Katalysatorbestandteil enthält, und zwar wahlweise nachdem es durch Waschen beschichtet worden ist, um einen großen Oberflächenbereich für das Tragen des Katalysatorbestandteils zu gewährleisten, oder die Konzentrationsverteilung des Katalysatorbestandteils kann in der Katalysatorschicht durch weiteres oder wiederholtes Eintauchen des Materials in eine Lösung, die den Katalysatorbestandteil enthält, gesteuert werden, oder es kann ein feuerfestes Material mit granularer oder faserförmiger Struktur dazu gebracht werden, den Katalysatorbestand-



teil zu tragen, und zwar wahlweise nachdem es durch Waschen beschichtet worden ist, um einen großen Oberflächenbereich zu gewährleisten, und kann in eine gewünschte Gestalt der Katalysatorschicht ausgeformt werden. Hierbei können das Aufbringen und die Formgebung in der Reihenfolge umgekehrt werden.

Um die Wärmeabstrahlung von der Katalysatorschicht zu erleichtern, ist es sehr effektiv, kleine Trägerkörnchen dicht in dem tiefen Abschnitt der Katalysatorschicht und große Trägerkörnchen grob in dem flachen Abschnitt der Katalysatorschicht anzuordnen.

In ähnlicher Weise ist es auch wirksam, Trägerfasern dicht in dem tiefen Abschnitt und grob in dem flachen Abschnitt anzuordnen.

Der flache Abschnitt befindet sich naturgemäß auf der Seite, die zur Wärmeübertragungsoberfläche des Reaktors gerichtet ist.

Für den Zweck der Verhinderung von Rückzündung wird die Oberfläche der Verbrennungskatalysatorschicht, die der zu der Wärmeübertragungsfläche des Reaktors hingerichteten gegenüberliegt, mit der Schicht aus einem feuerfesten Isolationsmaterial bedeckt, durch das der Brennstoff und das sauerstoffhaltige Gas leicht passieren können. Diese Schicht wurde hier vorstehend als "der Wandabschnitt ohne Verbrennungskatalysator" oder "der Abschnitt der Verbrennungskatalysator-Haltewand, die keinen Verbrennungskatalysator hält" bezeichnet.

Es ist besonders vorzuziehen, ein zusammengesetztes feuerfestes Isolationsmaterial zu verwenden, das aus einem geformten feuerfesten Material und einem gewebten oder nicht-gewebten Blatt oder einem Vliesstoff besteht, die aus keramischer Faser hergestellt sind.

Das ausgeformte feuerfeste Material kann in der Schicht nahe der Verbrennungskatalysator-Schicht verwendet werden, während die Schicht aus keramischer Faser in der davon entfernten Schicht verwendet wird. Im Gegensatz dazu kann auch das ausgeformte feuerfeste Material in der Schicht, die von der Verbrennungskatalysator-Schicht entfernt ist, verwendet werden, während die keramische Faserschicht in der Schicht nahe der Verbrennungskatalysator-Schicht verwendet wird.

Die Schicht aus feuerfestem isolierendem Material kann auch einen Aufbau annehmen, bei dem ein ausgeformtes feuerfestes Material zwischen keramischen Faserschichten gehalten wird.

Es ist erforderlich, daß das feuerfeste isolierende Material in seiner mechanischen Festigkeit stark genug ist, wenn es als ein tragendes oder haltendes Basismaterial der Verbrennungskatalysator-Schicht wirkt, und zwar in den Fällen, wenn die Verbrennungskatalysator-Schicht selbst zerbrechlich ist.

Wenn die Verbrennungskatalysator-Schicht auf einem starken, festen feuerfesten Material getragen wird, kann das feuerfeste isolierende Material grundsätzlich auf der Basis seiner Isolationsfähigkeit ausgewählt werden.

Die Dicke der feuerfesten isolierenden Materialschicht sollte in dem Bereich von 0,5 bis 20 mm im Hinblick auf die Verhinderung von Rückzündung liegen.

Damit die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung eine hohe Zuverlässigkeit besitzen kann, ist die feuerfeste isolierende Materialschicht der wichtigste funktionelle Teil.

Die feuerfeste isolierende Materialschicht kann eine integrierte oder einstückige Struktur besitzen oder kann eine kombinierte Struktur aus einem in Blöcke unterteilten Material aufweisen.

Das Material für den Block ist nicht notwendigerweise auf eine Art begrenzt, sondern es kann auch eine geeignete Kombination verschiedener Materialien sein.

Die Druckdifferenz zwischen dem Druck in dem Verbrennungsgas-Durchgangsraum und dem Druck in dem Abschnitt, der an die Verbrennungskatalysator-Haltewand anstößt, von dem Raum des Beschickungsraumes für Brennstoffgas muß wenigstens 10 mm Wasser-Druckhöhe zur Verhinderung von Rückzündung betragen.

Die Oberflächentemperatur der feuerfesten isolierenden Materialschicht an der Eintrittsseite des Brennstoffes und des sauerstoffhaltigen Gases sollte vorzugsweise bei Temperaturen, die um etwa 200°C niedriger als die Zündtemperatur des Brennstoffes sind, gehalten werden im Hinblick auf die Verhinderung von Rückzündung.

Wenn der Brennstoff beispielsweise Methan ist, sollte die Oberflächentemperatur der isolierenden Materialschicht an der Eintrittsseite vorzugsweise nicht höher als 400°C sein.

Es ist vorteilhaft, wenn der Verbrennungskatalysator gleichmäßig auf der gesamten Oberfläche der Verbrennungskatalysator-Schicht, die zu der äußeren Oberfläche des Reaktors hingerichtet ist, verteilt ist. Es ist jedoch nicht notwendigerweise wesentlich, daß der Katalysator gleichmäßig in der Schicht der Eingangsseite der Verbrennungskatalysator-Schicht vorhanden ist, sondern es ist vorzuziehen, daß der Katalysator spärlicher in der Schicht der Eintrittsseite vorhanden ist mit dem Zweck, Rückzündung und Katalysatorverschlechterung oder -abbau zu verhindern.

Wenn der Brennstoff und das sauerstoffhaltige Gas durch die Katalysatorschicht strömen, wächst die Menge des Verbrennungsgases, das von der Verbrennung des Brennstoffgases herrührt, allmählich an.

Es ist wirksam, die Oberfläche der Verbrennungskatalysator-Schicht, die auf die äußere Oberfläche des Reaktors gerichtet ist, zu einer Schicht zu machen, die einen hohen Schwärzungsgrad besitzt, und dadurch die Strahlung von Wärme, die durch die katalytische Verbrennung erzeugt wird, zu der äußeren Oberfläche des Reaktors zu verbessern.

Bei der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung ist es möglich, einen statischen Mischabschnitt für das Brennstoffgas und das sauerstoffhaltige Gas in seinem Inneren vorzusehen, so daß die aus dem Mischabschnitt heraustretenden Ströme der feuerfesten isolierenden Materialschicht zugeführt werden.

Es ist vorzuziehen, die Zufuhr des Brennstoffes und des sauerstoffhaltigen Gases zu der Verbrennungskatalysator-Schicht entlang der vertikalen Richtung genau in Übereinstimmung mit der Verteilung der Belastung oder der Last, mit der der Reaktor entlang dieser Richtung beheizt werden soll, zu steuern oder zu regeln. Dementsprechend kann die Verteilung des Verbrennungskatalysators in der Verbrennungskatalysatorschicht variiert werden.

Die Reaktion, die in dem Reaktor durchgeführt wird, ist eine endotherme Reaktion, die nur in der Lage ist, sich bei hohen Temperaturen aufrecht zu erhalten, und die Reaktion erfordert große Wärmemengen, so daß es notwendig ist, eine große Wärmemenge mit hohem Wirkungsgrad dem Reaktionssystem kontinuierlich und stetig unter Ausnutzung eines beschränkten wirksamen Bereiches der Wand des Reaktors für die Wärmeübertragung an das System zuzuführen.

Es wird nun auf die Zeichnungen bezug genommen. In Fig. 1 und Fig. 2 ist ein Gestell 100 der Vergasungsreaktions-Vorrichtung ein zylindrisches Gefäß, das von Beinen 100L getragen wird, wobei in dem mittleren Teil des Gefäßes eine zylindrische oder mehreckige Verteilungsleitung oder eine zylindrische Wand 170 für sauerstoffhaltiges Gas vorgesehen ist. Ein Beschickungsraum 160 für sauerstoffhaltiges Gas wird von dieser Wand umgeben.

Die Verteilungsleitung 170 in Fig. 1 ist eine gasdurchlässige poröse Leitung, die aus einem gesinterten Metall hergestellt ist.

Es ist auch möglich, eine einfachschichtige oder mehrschichtige Leitung mit einer Anzahl von Poren, die in eine Schicht oder mehrere Schichten der Leitungswand durch Durchlöchern eingebracht sind, zu verwenden.

Eine Mehrschicht aus rohrförmigen metallischen Netzen mit kleinen Maschenöffnungen kann auch als Verteilungsleitung 170 verwendet werden.

Für die gleichmäßige Verteilung eines sauerstoffhaltigen Gases, das durch die Leitungswand der Verteilungsleitung 170 hindurchströmt, wird der Druckverlust des sauerstoffhaltigen Gases über die Leitungswand so geregelt, daß er wenigstens 30% der Druckdifferenz zwischen dem Druck des sauerstoffhaltigen Gases, das der Vorrichtung zugeführt wird, und dem Druck des Verbrennungsgases beträgt.

Um die Verteilungsleitung 170 herum ist eine Vielzahl von Verteilungsleitungen 250 für gasförmigen oder dampfförmigen Brennstoff angeordnet.

Wenn das sauerstoffhaltige Gas der Verteilungsleitung 170 zusammen mit dem Brennstoff zugeführt wird, können die Verteilungsleitungen 250 so verwendet werden, daß sie für die Beschickung mit zusätzlichem Brennstoff dienen, oder sie können nicht ganz verwendet werden.

Die Verteilungsleitungen 250 sind in erforderlichen Abschnitten mit einer Anzahl kleiner Poren perforiert, durch die der Brennstoff eingespritzt wird. (Poren sind in der Zeichnung aus Gründen der Klarheit nicht dargestellt).

Die Richtung einer Pore kann in irgendeiner radialen Richtung um die Verteilungsleitungen verlaufen. Es werden solche Richtungen ausgewählt, wie sie für das Mischen des Brennstoffgases mit dem sauerstoffhaltigen Gas geeignet sind.

Die Verteilungsleitungen 250 können aus porösem Material wie gesintertem Metall hergestellt sein.

Die Dichteverteilung der Poren oder Öffnungen oder ihre Größe der Verteilungsleitungen 170 oder 250 können entlang der vertikalen Richtung zum Zwecke einer günstigen Verteilung der Beschickung der Gase entlang dieser Richtung variieren, damit die Verteilung der in der Verbrennungskatalysator-Schicht erzeugten Verbrennungswärme, was später noch näher erläutert wird, für die Erhitzung des Reaktors optimallisiert werden kann.

Um den Raum 240, in dem die Verteilungsleitungen 250 angeordnet sind und der ringförmig im horizontalen Querschnitt ist, ist eine zylindrische gasdurchlässige Trennwandschicht 300 vorgesehen.

Die gasdurchlässige Trennwandschicht 300 ist zusammengesetzt aus einer nicht gewebten oder Vlieschicht aus einer keramischen Faser an der Eingangsseite für das sauerstoffhaltige Gas und einer ausgeformten feuerfesten porösen festen Materialschicht mit ausreichender Gasdurchlässigkeit oder Gaspermeabilität an seiner Ausgangsseite.

Die feuerfeste poröse Materialschicht der gasdurchlässigen Trennwandschicht 300 trägt einen Verbrennungskatalysator in dem äußeren Abschnitt der Schicht.

Die Katalysator-Haltschicht 400, die den Verbrennungskatalysator trägt, besitzt eine Dicke von wenigstens 1 mm, da die Temperatur des Abschnittes auf gewünschten hohen Temperaturen gehalten werden muß. Die Schichten 300 und 400 bilden eine Verbrennungskatalysator-Haltewand.

Der Raum, in dem sich Verteilungsleitungen 250 befinden, ist ein ringförmiger Gasmischraum 240, wobei der Beschickungsraum für Brennstoffgas von einer Wand eingeschlossen ist, die die zylindrische Wand 170 und die Katalysator-Haltewand einschließt.

Obgleich der Verbrennungskatalysator in Fig. 1 auf dem äußersten Abschnitt der feuerfesten porösen Materialschicht getragen wird, kann er auch auf einem nicht gewebten Blatt oder einem Vliesstoffblatt aus keramischer Faser usw. unabhängig getragen werden, so daß das entstehende Blatt auf der äußeren Oberfläche der gasdurchlässigen Trennwandschicht 300 befestigt werden kann.

Vorgesehen ist ein Verbrennungsgas-Durchgangsraum oder eine Kammer 500, die den Durchgang für das Verbrennungsgas bildet, das durch die Funktion des Verbrennungskatalysators 400 gebildet wird, und die einen ringförmigen horizontalen Querschnitt besitzt.

Der horizontale Querschnitt der Kammer 500 sollte eine horizontale Querschnittsfläche aufweisen, die ausreichend ist, damit das Brennstoffgas eine Durchströmungsrate in dem Bereich von 0,1 bis 5 m/sek haben kann, so daß die Beschickung des Brennstoffes und des sauerstoffhaltigen Gases nicht durch den Widerstand gegen die Strömung des Verbrennungsgases behindert wird.

Eine Innenwand 822 einer Vergasungsreaktionskammer oder eines -raumes 818 ist vorgesehen, die die äußeren Grenzen der Kammer 500 bildet.

Die Vergasungsreaktionskammer oder der Reaktor 818 ist zwischen der Innenwand 822 und einer Außenwand 824 angeordnet, wobei der horizontale Querschnitt der Kammer ringförmig ist.

In der Vergasungsreaktionskammer 818 ist ein Dampf-Reformierungskatalysatorbett 820 angebracht, und an dem unteren Ende der äußeren Wand 824 ist eine gewünschte Anzahl von Öffnungen 826 für den Ablauf des

Produktgases angeordnet.

Um die äußere Wand 824 herum ist ein Durchgang 830 für Produktgas mit einem ringförmigen horizontalen Querschnitt gebildet, der von einer zylindrischen Wand 831 umgeben ist.

An dem oberen Ende des Durchgangs oder des Produktgas-Rückgewinnungsraumes 830 ist einer erforderliche Anzahl von Abbläsdüsen 834 für Produktgas zur Außenseite der Vorrichtung vorgesehen.

Ein Durchgang 130 für sauerstoffhaltiges Gas mit einem ringförmigen horizontalen Querschnitt, der den Durchgang 830 umgibt, ist vorgesehen und wird von dem Gefäß 100 umgeben.

An dem unteren Ende der Vorrichtung ist eine Zuführungsdüse 110 für sauerstoffhaltiges Gas vorgesehen.

Das sauerstoffhaltige Gas, das durch die Zuführungsdüse 110 eingeleitet wird, geht durch den Strömungsweg 120 nach außen, steigt hoch durch den Durchgang 130 zu einem Durchgangsraum 140, der in dem oberen Teil der Vorrichtung vorgesehen ist, strömt dadurch nach innen und strömt dann durch einen Wärmeaustauschraum 150 für die Rückgewinnung von Abwärme, in dem ein Wärmeaustauscher 150C angeordnet ist, um dann in den Raum 160 zu strömen.

Der Durchgang 120 besitzt Trageplatten 120S, die auch radiale Strömungsführungen für das Gas bilden.

Der gasförmige oder dampfförmige Brennstoff erreicht ein kreisförmiges Verteilerrohr-System 220 durch eine Düse 210 und Hauptleitung 215 und wird durch nach unten führende Leitungen 230 in eine Vielzahl der Verteilungsleitungen 250 eingeführt.

Der von den Öffnungen der Verteilungsleitungen 250 ausgestrahlte Brennstoff wird mit dem sauerstoffhaltigen Gas gemischt, und das entstehende Gemisch durchdringt die gasdurchlässige Trennwandschicht 300, um das Verbrennungskatalysatorbett 400 zu erreichen, wo es der katalytischen Verbrennung unterworfen wird.

Das durch die katalytische Verbrennung gebildete Verbrennungsgas steigt durch den Raum 500 auf, dringt innen durch eine gasdurchlässige isolierende Materialschicht 600 und strömt danach durch ein Wärmeaustauschrohr 150C, um dann zu der Außenseite der Vorrichtung durch das Rohr 710 abgelassen zu werden.

Die isolierende Materialschicht 600 ist eine Wärmerückgewinnungswand. Die Wand 600 nimmt die Restwärme von dem Verbrennungsgas auf und strahlt die Wärme zurück in den Verbrennungsgas-Durchgangsraum 500. In der Ausführungsform der Fig. 1 wird die abgestrahlte Wärme an das Reaktionskatalysatorbett 820 durch den Raum 500 und die Innenwand 822 des Reaktionsraumes 818 abgegeben.

Die Wärmerückgewinnungswand 600 ist an dem Ausgangsende des Verbrennungsgas-Durchgangsraumes gelegen und kann parallel oder normal oder geneigt zu der Wand des Reaktionsraumes angeordnet sein, soweit das Verbrennungsgas durch diese Wärmerückgewinnungswand abgelassen wird. In der Ausführungsform der Fig. 1 mit paralleler Anordnung wird die Wärme eher direkt zu der Wand des Reaktionsraumes gebracht.

Es werden gasförmige oder dampfförmige Kohlenwasserstoffe oder niedere Alkohole und Dampf als das Ausgangsmaterial der endothermen Reaktion durch eine Düse 810 und Hauptleitung 812 in einen kreisförmigen Rohrverteiler 814 eingeleitet, wo das Gemisch in eine Vielzahl von Verteilungsleitungen 816 verteilt wird.

Eine Vielzahl der Verteilungsleitungen 816 ist in gleichen Abständen oder Intervallen mit der ringförmigen Abdeckwand der Reaktionskammer 818 an deren oberen Ende verbunden.

Während das Reaktionsgemisch durch das Dampf-Reformierungs-Katalysatorbett 820 in den Reaktionsraum 818 nach unten strömt, schreitet die Reaktion mittels des Wärmestromes, der durch die Innenwand 822 und die Außenwand 824 eindringt, fort, wodurch ein Hochtemperatur-Produktgas gebildet wird. Das Produktgas strömt dann durch den ringförmigen Durchgang 830 nach oben, gibt seine beibehaltene Restwärme an das Reaktionsfluid in dem Katalysatorbett 820 durch die Außenwand 824 ab und wird danach durch eine Abbläsdüse 834 abgelassen.

Das gleiche Bezugszeichen oder das gleiche Symbol bezeichnet hier immer den gleichen Gegenstand, wenn nichts anderes angegeben ist.

Fig. 3 zeigt einen abgekürzten vertikalen Querschnitt einer Ausführungsform der Erfindung mit einer Kerneinheit ähnlich der Ausführungsform in Fig. 1 und einer ringförmigen Einheit um die Kerneinheit herum mit einer ähnlichen Konstruktion wie die Kerneinheit. In der Kerneinheit besitzt der Wärmeaustauscher 150 ein mit Rippen versehenes Rohr oder Rippenrohr 150XF, in dessen Rohr das sauerstoffhaltige Gas hindurchströmt und auf dessen Rippenseite das verbrannte oder Verbrennungsgas entlangströmt.

Das aus dem Wärmeaustauscher 150 ausgeströmte Verbrennungsgas wird durch das mittlere Abblärohr 710 für Verbrennungsgas abgelassen.

Wie in Fig. 4 gezeigt ist, die einen sehr groben horizontalen Querschnitt einer Ausführungsform ähnlich der, die in Fig. 3 dargestellt ist, zeigt, wird die ringförmige Einheit vorzugsweise durch zwei oder mehr radiale vertikale Wände 40 in die gleiche Anzahl bogenförmige Blöcke 50 aus Gründen der Erleichterung bei der Herstellung, beim Transport, der Reparatur oder des Teilbetriebes der Vorrichtung der Erfindung unterteilt.

Wenigstens ein ringförmiger Strukturabschnitt der Vorrichtung der Erfindung, d. h. ein Satz oder ein Set aus einem der ringförmigen Räume und einem Paar der vertikalen zylindrischen Wände, die den Raum sandwichartig begrenzen, kann in ähnlicher Weise aus dem vorstehend angegebenen Grund abgetrennt werden.

Die Kerneinheit und die ringförmige Einheit in Fig. 3 werden durch die Wand 11 getrennt, die Wärmeisolationmaterial umfaßt. Die wärmeisolierende Wand 11 kann zwischen zwei ringförmigen Einheiten, die in Fig. 5a dargestellt sind, angeordnet werden, wobei Fig. 5a einen groben Querschnitt einer Ausführungsform der Erfindung mit drei Reaktionsräumen zeigt. Die radiale Trennwand 40 kann auch wärmeisolierend sein. So eingerichtete Wärmeisolierung ist günstig für separaten partiellen Betrieb von nur einigen Abschnitten der Einheiten und/oder der Blöcke.

Die Kerneinheit und jeder Block der ringförmigen Einheiten kann abgetrennt werden, wie es in Fig. 5b gezeigt ist, die einen partiellen Querschnitt zeigt, w bei die Blöcke zusammen für die Vorrichtung der Erfindung hergestellt werden.

In der ringförmigen Einheit in Fig. 3 strömt das sauerstoffhaltige Gas von einem oder von mehreren Einlässen

112 durch nach außen gerichteten Durchgang 122, der durch die zylindrische Trennwand 20 abgetrennt ist, welche eine Verlängerung der wärmeisolierenden Wand 11 sein kann, strömt durch den aufsteigenden Durchgang 132, den nach innen gerichteten Durchgang 142 und den Wärmeaustauscher 152 für sauerstoffhaltiges Gas in eine Vielzahl von Vorverteileranlagen 164 für sauerstoffhaltiges Gas. Der Wärmeaustauscher 152 verwendet Rippenrohre 152XF. Der Vorverteiler 164, der von ähnlicher Zusammensetzung wie die Brennstoffverteilungsleitung 250 in Fig. 1 sein kann, kann in einigen Fällen weggelassen werden.

Das sauerstoffhaltige Gas sprüht aus einer Anzahl von Poren auf den Wänden des Vorverteilers 164 aus, strömt durch den porösen und gasdurchlässigen Verteiler 172 für sauerstoffhaltiges Gas, eine zylindrische Wand, in den Beschickungsraum für Brennstoffgas oder Mischraum 242, wird darin mit dem Brennstoffgas gemischt, das aus einer Anzahl von Poren auf den Wänden des Brennstoffgasverteilers 252 ausgesprüht wird, dann weitergemischt, während es durch die gasdurchlässige Wandschicht 302 der zylindrischen Verbrennungskatalysator-Haltewand strömt und verbrennt in der Verbrennungskatalysator-Halteschicht 402 auf der äußeren Seitenoberfläche der Verbrennungskatalysator-Haltewand.

Zum Beschicken und Ablassen von Gasen werden kreisförmige Rohrverteiler, wie sie in Verbindung mit Fig. 1 beschrieben worden sind, oder solche, die in Segmente unterteilt sind, für die ringförmige Einheit angewendet.

Die in der Verbrennungskatalysator-Schicht 402 erzeugte Verbrennungswärme wird zu dem endothermen Reaktionskatalysatorbett 870 durch die innere Wand 872 des endothermen Reaktionsraumes übertragen, und zwar hauptsächlich durch die Festkörperstrahlung von der Verbrennungskatalysator-Schicht 402, und auch teilweise durch Konvektion von dem verbrannten oder Verbrennungsgas, das durch den Verbrennungsgas-Durchgangsraum 502 nach oben zeigt, da die gasdurchlässige Trennwandschicht 302 eine Rolle als Wärmeisolator spielt und das Brennstoffgasgemisch von dem Beschickungsraum für Brennstoffgas 242 zu dem Verbrennungsgas-Durchgangsraum 502 strömt.

Das verbrannte Gas steigt durch den Raum 502 auf und verläßt ihn durch die Wärmerückgewinnungswand 602 aus gasdurchlässigem festem Material, wobei es seine Wärme an die Wand 602 abgibt, dann strahlt die Wand 602 die Wärme durch Feststoffstrahlung zu dem Katalysatorbett 870, und das Verbrennungsgas wird durch den ringförmigen Raum 702 auf der Rippenseite des rippenrohrförmigen Wärmeaustauschers 152, der das sauerstoffhaltige Gas vorerhitzt, das durch das Rippenrohr nach unten kommt, und durch ein oder mehrere Rohre 712 abgelassen.

Das Ausgangs- oder Rohmaterialgas, das durch Verteilungsleitungen 866 in den Reaktionsraum 868 geschickt wird, strömt durch das Reaktionskatalysatorbett 870 nach unten, wobei es sich allmählich in ein Produktgas umwandelt und die Wärme von der Verbrennungskatalysatorschicht empfängt, wie vorstehend beschrieben wurde, und an dem Bodenende des Reaktionsbettes kehrt es um und strömt nach oben durch den ringförmigen Durchgangsweg 880 zwischen der äußeren Wand 874 des Reaktionsraumes und einer zylindrischen Wand 881 und wird durch Rohre 884 abgelassen.

Die Kerneinheit in Fig. 3 wird ähnlich betrieben wie die Ausführungsform in Fig. 1.

In den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen wird der ringförmige Reaktionsraum von einer ringförmigen Verbrennungskatalysator-Schicht erhitzt, die an einer inneren Stelle angeordnet ist. Obgleich ein derartiges Erhitzen von der inneren Stelle des Reaktionsraumes allgemein zu bevorzugen ist, kann der Reaktionsraum von einer außen gelegenen Verbrennungskatalysator-Schicht beheizt werden.

Es wird nun auf Fig. 6 bezug genommen, die einen vertikalen Teilquerschnitt der Vorrichtung gemäß der Erfindung zeigt, in Fig. 6a wie bei der Ausführungsform in Fig. 3 von der Achse O-O des zylindrischen Gefäßes 100 an der linken Seite zu dem Gefäßmantel 100 auf der rechten Seite sind Räume, Wände, Durchgangswege und dergleichen koaxial angeordnet: für die Kerneinheit ein säulenförmiger Beschickungsraum oder eine Kammer 160 für sauerstoffhaltiges Gas, gasdurchlässige Verteilungsleitungswand 170, Gasmischraum 240, in dem Brennstoffverteilungsleitungen 250 vorgesehen sind, gasdurchlässige Wandschicht 300, Verbrennungskatalysator-Halteschicht 400, Verbrennungsgas-Durchgangsraum 500, Innenwand 822 des Reaktionsraumes, der Reaktionsraum ist gefüllt mit Katalysatorbett 820, Außenwand 824 des Reaktionsraumes, Produktgasdurchgang 830, aufwärtsführender Durchgang 130 für sauerstoffhaltiges Gas, wärmeisolierende Wand 11; und für die ringförmige Einheit: Wärmeisolationswand 11, Beschickungsraum 162 für sauerstoffhaltiges Gas, in dem sich gasdurchlässige Vorverteiler-Rohr-Einrichtungen 164 befinden, gasdurchlässige zylindrische Verteilungswand 172, Gasmischraum 242, in dem sich Brennstoffgasverteilungsleitungen 252 befinden, gasdurchlässige Wandschicht 302, Katalysator-Halteschicht 402, Verbrennungsgas-Durchgangsraum 502, Außenwand 872 des Reaktionsraumes, der Reaktionsraum ist mit Katalysatorbett 870 gefüllt, Produktgasdurchgang 880, aufsteigender Durchgang 132 für sauerstoffhaltiges Gas und Gefäßmantel 100; in der Ausführungsform in Fig. 6b werden andererseits die Reaktionskatalysatorbetten 820 und 870 jeweils entsprechend von den Verbrennungskatalysator-Schichten 400 bzw. 402 auf der Außenseite erhitzt, und die Anordnung ist von dem Gefäßmantel 100 zu der Mittelachse O-O auf der linken Seite: für die ringförmige Einheit: Gefäßmantel 100, Durchgang 132 für sauerstoffhaltiges Gas, Beschickungsraum 162 für sauerstoffhaltiges Gas, in dem sich Vorverteilerrohre 164 befinden, Verteilungswand 172, Gasmischraum 242, in dem sich Brennstoffgasverteilungsleitungen 252 befinden, gasdurchlässige Wandschicht 302, Katalysator-Halteschicht 402, Verbrennungsgas-Durchgangsraum 502, Außenwand 874 des Reaktionsraumes, der Reaktionsraum, in dem sich das Katalysatorbett 870 befindet, Innenwand 872 des Reaktionsraumes, Produktgasdurchgang 880 und Wärmeisolationswand 11; und für die Kerneinheit: Wärmeisolationswand 11, Durchgang 130 für sauerstoffhaltiges Gas, ringförmiger Beschickungsraum 160A für sauerstoffhaltiges Gas, in dem sich Vorverteilerrohre wie in dem Beschickungsraum 162 befinden können, gasdurchlässige zylindrische Wand 170, Gasmischraum 240, in dem sich Brennstoffgasverteilungsrohre 250 befinden, gasdurchlässige Wandschicht 300, Katalysator-Halteschicht 400, Verbrennungsgas-Durchgangsraum 500, Außenwand 824 des Reaktionsraumes, Reaktionsraum, der in seinem Inneren mit Katalysatorbett 820 in Form von Granulat versehen ist, Innenwand 822 des Reaktionsraumes und Produktgasdurchgang 830, der ein säulenförmiger zentraler Raum ist.

Obgleich das Weglassen der ringförmigen nach oben führenden Durchgangswege 130, 132 und der horizontalen Durchgangswege, die wie in den Durchgängen 120, 122; 140 und 142 in Fig. 3 vorhanden sein können, möglich und sinnvoll in der Ausführungsform in Fig. 6b ist, sind die nach oben gerichteten Durchgangswege 130 und 132 in Fig. 6b hinzugefügt für einen einfachen Vergleich mit der Ausführungsform in Fig. 6a.

5 Um Platz zu sparen, können die Vorverteiler-Einrichtungen 164 für das sauerstoffhaltige Gas, die in dem Beschickungsraum für sauerstoffhaltiges Gas vorgesehen sind, weggelassen werden. In derartigen Fällen, die den säulenförmigen Beschickungsraum 160 und den ringförmigen Beschickungsraum 160A einschließen, können, wenn eine gewisse Regelung der Gaspermeabilitätsverteilung der Wände 170 oder 172 entlang der Längs- oder Vertikalrichtung erforderlich ist, gewisse Variationen der Porositätsverteilung wirksam sein, einschließlich

10 Einbau einer zusätzlichen Wand, wie es bereits beschrieben wurde.  
Eine derartige Regelung oder Steuerung wird auch erreicht, indem die Porosität der Vorverteiler-Einrichtungen und/oder derjenigen der gasdurchlässigen Verteilungswand wie z. B. 172 oder 170 eingestellt wird.

Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform mit zwei ringförmigen Reaktionsräumen 818 und 868, die beide von inneren und äußeren Katalysatorschichten beheizt werden.

15 Sauerstoffhaltiges Gas, das hier zur Abkürzung als "ox" bezeichnet wird, strömt durch die Röhrenseite der rippenrohrförmigen Wärmeaustauscher 1501, 1502, 1521 und 1522 in Beschickungsräume 160, 1602, 1621 und 1622, in entsprechender Reihenfolge gesehen, in denen sich keine Vorverteiler-Einrichtungen befinden, die jedoch zusätzliche Wände aufweisen, wie noch später beschrieben wird, für eine günstige Verteilung der Gasdurchdringung, entlang der vertikalen Richtung, und dann durch zusätzliche Wände 160A, 1602A, 1621A und 1622A, in entsprechender Reihenfolge, und Wände 170, 1711, 1721 und 1722, in entsprechender Reihenfolge, in

20 Mischräume 2401, 2402, 2421 und 2422, in der gleichen Reihenfolge, wo das Gas mit dem Brennstoffgas gemischt wird, das hier zur Abkürzung als "fu" (von englisch: fuel gas) bezeichnet wird und aus den Brennstoffgas-Verteilungsleitungen 2501, 2502, 2521 und 2522, in gleicher Reihenfolge, ausgesprüht wird oder ausströmt, um ein Gasgemisch zu bilden, dann strömt das Gemisch durch die Wandschichten 3001, 3002, 3021 und 3022, in gleicher Reihenfolge, und die Katalysator-Halteschichten 4001, 4002, 4021 und 4022, in gleicher Reihenfolge, in die

25 Verbrennungsgas-Durchgangsräume 5001, 5002, 5021 und 5022, in gleicher Reihenfolge, während der Brennstoff in den Verbrennungskatalysator-Schichten verbrannt wird, um ein Verbrennungsgas zu liefern.

Die in den Katalysator-Halteschichten 4001, 4002, 4021 und 4022 erzeugte Wärme wird von diesen entsprechend auf die Reaktionsraumwände 822, 824, 872 und 874 abgestrahlt. Dann wird die Wärme auf die Reaktions-

30 katalysatorbetten 820 und 870 in den entsprechenden Reaktionsräumen 818 und 868 durch die Reaktionsraumwände 822 und 824 der Kerneinheit und die Reaktionsraumwände 872 und 874 der ringförmigen Einheit entsprechend übertragen.

Das Verbrennungsgas strömt durch die entsprechenden Durchgangsräume 5001, 5002, 5021 und 5022, die

35 Wärmerückgewinnungswände 6001, 6002, 6021 und 6022, in gleicher Reihenfolge, dann durch ringförmige Räume 7001, 7002, 7021 und 7022, in gleicher Reihenfolge, und durch die Rippenseite der Rippenrohre 1501, 1502, 1521 und 1522, in gleicher Reihenfolge, wobei es die Restwärme an das sauerstoffhaltige Gas abgibt, das durch die Rohrseite herabströmt, und wird dann nach oben aus den Wärmeaustauschern abgelassen.

Das Rohmaterialbeschickungsgas für Dampf-Reformieren, z. B. ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffgas und Dampf, das zur Abkürzung als "fd" (von englisch: feed gas) bezeichnet wird, strömt nach unten durch die

40 Dampf-Reformierungskatalysatorbetten 820 und 870, wobei es zu einem Produktgas wird, das in der Zeichnung als "pd" bezeichnet wird, und strömt durch die Öffnungen 826 und 876 an dem Boden der jeweiligen Reaktionsräume, kehrt dann um in die entsprechenden Produktgasdurchgänge 832 und 882 und steigt durch diese auf, wobei es die Restwärme an das Reaktionsgas abgibt, während es im Gegenstrom durch die entsprechenden

45 Reaktionsräume strömt, und wird aus den Leitungen 834 bzw. 884 abgezogen, die die Finger der Sammel-Röhrenverteiler sind, die in der Zeichnung nicht dargestellt sind.

Die Produktgasdurchgangswege 832 und 882 können vertikale runde Röhren sein, die entlang eines konzentrischen Kreises zwischen den inneren und den äußeren kreisförmigen Reaktionsraumwänden 822, 824; 872 und 874 auf dem horizontalen Querschnitt der Vorrichtung angeordnet sind, und sie können flache Rohre oder Rohre vom Platten-Rippen-Typ mit bogen- oder kurzem geradlinig geformten horizontalen Querschnitt sein, wie es in

50 Fig. 8 gezeigt ist

- a: kreisförmiges Rohr;
- b: flaches Rohr in Bogenform;
- c: Platten-Rippen in Bogenform.

55 Es wird nun auf Fig. 9 bezug genommen. Fig. 9 zeigt einen verkürzten vertikalen Teil-Querschnitt einer Ausführungsform, bei der eine statische Mischeinrichtung 171 und 173, die aus statischen Mischeinheiten 1710 und 1730, in Reihe entsprechend zusammengestellt, besteht, anstelle des koaxial zusammengestellten Satzes aus Beschickungsraum 170 für sauerstoffhaltiges Gas und Mischraum 240 wie in Fig. 1 vorgesehen ist.

60 Sauerstoffhaltiges Gas, das von Einlaßdüsen 110 und 112 eingeführt wird, strömt entsprechend in Seitenrohre 135 und 137, die entsprechenden äußeren Rohre 114 und 116, die doppelrohrig in Kombination mit entsprechenden Innenrohren 1140 und 1160 sind, kehrt um in entsprechende vertikale äußere Rohre 152 und 154, die Rippen 1519 bzw. 1539 jeweils auf der äußeren Oberfläche besitzen und entsprechende Wärmeaustauscher 151 und 153 bilden, wird dann mit dem Brennstoffgas von den entsprechenden Innenrohren 1520 und 1540 zusammengeführt.

65 Das Brennstoffgas wird von den Einlässen 210 und 212 zugeführt, strömt entsprechend durch die Innenrohre 1140 und 1160, strömt dann nach unten durch die entsprechenden vertikalen Innenrohre 1520 und 1540, die koaxial mit den entsprechenden Außenrohren 152 und 154 verlaufen, um das sauerstoffhaltige Gas innerhalb der Außenrohre zu treffen.

Die beiden Gase kommen nach unten durch den unteren Teil der jeweiligen vertikalen Außenrohre 152 und 154 und die statischen Mischeinrichtungen 171 und 173, werden zu einem gemischten Gas und strömen in die Verteilungsräume 161 für gemischtes Gas für die Kerneinheit und 163 für die ringförmige Einheit.

Dann strömt das gemischte Gas durch gasdurchlässige Wandschichten 300 und 302, dann durch entsprechende Katalysator-Halteschichten 400 und 402, in Verbrennungsgas-Durchgangsräume 500 und 502, verbrennt, um ein Verbrennungsgas zu werden, und erzeugt Wärme in Katalysatorschichten 400 und 402, wobei diese Wärme an die entsprechenden Reaktionskatalysatorbetten 820 und 870 durch entsprechende Durchgangsräume 500 und 502 und entsprechende Reaktionsraumwände 822 und 872 abgegeben wird; und das Verbrennungsgas strömt nach oben durch Räume 500 und 502, wobei es Restwärme an die Reaktionskatalysatorbetten abgibt, und strömt durch entsprechende gasdurchlässige Wärmerückgewinnungswände 600 und 602, wobei diese Wände die Wärme auf die entsprechenden Reaktionsraumwände 822 und 872 und ihre oberen Verlängerungen mit Rippen 8179 und 8679 auf den entsprechenden gegenüberliegenden Seiten mit entsprechenden Prallblechen 8173 und 8673 abstrahlen, um die Wärme an das Beschickungsgas abzugeben, das an der Rippenseite vorbeistreicht, und kommt dann durch ringförmige Räume 700 bzw. 702 an der Rippenseite der Wärmeaustauscher 151 bzw. 153 und durch Abableitungen 710 und 712 nach außen.

Die von den Rippen 1519 und 1539 zurückgewonnene Wärme wird an das Vorgemisch aus dem Brennstoff und dem sauerstoffhaltigen Gas in den Rohren 152 und 154 entsprechend abgegeben. Ein bestimmter Anteil des Verbrennungsgases wird von den Bypass-Auslässen 700B und 712B abgezogen, damit das Brennstoffgasgemisch nicht bis zum Zündungspunkt erhitzt wird sondern die Temperatur des Gemisches niedrig genug gehalten wird.

Das Brennstoffgasgemisch sollte auch frei von Funken gehalten werden, die durch statische Aufladung oder dergleichen hervorgerufen werden können, um Zündung zu vermeiden; Sicherheitsvorkehrungen wie Erdung, Grundverbindung usw. sind zu diesem Zweck erforderlich.

Es sollten weitere Einrichtungen vorgesehen werden, die die Rückzündung verhindern.

Es wird empfohlen, diese Sicherheitsvorkehrungseinrichtungen doppelt oder mehrfach auszulegen.

Es wird nun wiederum auf Fig. 9 bezug genommen. Ausgangsmaterial-Beschickungsgas, das von den Rohren 836 und 866 zugeführt wird, strömt entsprechend zwischen oberen Abschnitten von Rippen 8179 und 8679, zwischen entsprechenden Rippen 8349 und 8849 und jeweils zwischen unteren Abschnitten von Rippen 8179 und 8679, wobei die unteren Abschnitte von den oberen Abschnitten durch entsprechende Prallbleche 8173 und 8673 getrennt sind, und dann nach unten in die entsprechenden Reaktionskatalysatorbetten 820 und 870.

Das Ausgangsmaterialgas strömt nach unten durch die Betten 820 und 870, wobei es sich in ein Produkt umwandelt, das in die Produktdurchgangswege 830 und 880 strömt und durch diese aufsteigt, und strömt durch die Röhrenseite der Rippenrohre, die mit Rippen 8349 und 8849 entsprechend versehen sind, wobei es das Ausgangsmaterialgasgemisch vorerhitzt, welches auf der Rippenseite strömt, und dann wird das Produkt durch die Leitungen 834 und 884 gewonnen.

In Fig. 9 sind Wärmeisolationswände 11 vorgesehen zwischen der Kerneinheit und der ringförmigen Einheit, zwischen dem Raum 700 und der Mischeinrichtung 171 und zwischen dem Raum 702 und den Mischeinrichtungen 173. Außerdem ist der äußere Gefäßmantel 100 mit Wärmeisulationsmaterial 10 verkleidet.

Bei der vorliegenden Erfindung kann ein Gemisch aus Brennstoffgas und sauerstoffhaltigem Gas der Apparatur zugeführt werden, wobei beste Einsparung an Raum, den sie einnimmt, gegeben ist, obgleich Vorkehrungen für die Verhinderung von Gasexplosion aufgrund statischer Aufladung, Funken, Rückzündung oder dergleichen in ausreichendem Maße und vollständig getroffen werden müssen.

Eine Ausführungsform als solche mit zwei Reaktionsräumen ist in Fig. 10 in einem vereinfachten verkürzten vertikalen Teilquerschnitt dargestellt.

Brennstoffgasgemisch wird durch Leitungen 1473, 1474, 1493 und 1494, durch entsprechende Röhrenseiten von Wärmeaustauschern 1501, 1502, 1521 und 1522 in entsprechende Brennstoffgasgemisch-Verteilungsräume 1611, 1612, 1631 und 1632 (die beiden ersten sind für die Kerneinheit und die beiden letzteren sind für die ringförmige Einheit) eingeführt, von hier aus strömt es durch entsprechende gasdurchlässige Wandschichten 3001, 3002, 3021 und 3022 und entsprechende Verbrennungskatalysator-Schichten 4001, 4002, 4021 und 4022, wird ein Verbrennungsgas und erzeugt Wärme durch katalytische Verbrennung in Katalysatorschichten und strömt in Verbrennungsgas-Durchgangsräume 5001, 5002, 5021 und 5022 in entsprechender Reihenfolge.

Das Verbrennungsgas strömt nach oben durch die Durchgangsräume und durch die gasdurchlässigen Wärmerückgewinnungswände 6001, 6002, 6021 und 6022 in Räume 7001, 7002, 7021 und 7022, in gleicher Reihenfolge, von dort kann das Verbrennungsgas im Bypass-Weg von Bypass-Düsen 7001B, 7002B, 7021B und 7022B, in entsprechender Reihenfolge, herausgenommen werden, wenn es die Gegebenheiten erfordern, dann strömt das Verbrennungsgas an der Mantelseite entsprechender Wärmeaustauscher 1501, 1502, 1521 und 1522 vorbei, gibt die Restwärme an das Brennstoffgasgemisch ab, das im Gegenstrom in der Röhrenseite strömt, und wird durch entsprechende Leitungen 7041, 7042, 7061 und 7062 abgelassen.

Ausgangsmaterial-Beschickungsgas wird durch Leitung 816 für die Kerneinheit und Leitung 866 für die ringförmige Einheit in den oberen Raum in Reaktionsräumen über den endothermen Reaktionsbetten 820 bzw. 870, die mit Feststoffmaterial mit oder ohne Katalysator gefüllt sind, eingeführt, vorerhitzt in diesem Raum durch das Produktgas, das im Gegenstrom durch die gewändelten Rohre oder dergleichen strömt, die in dem Raum angeordnet sind, strömt dann nach unten durch die entsprechenden Betten 820 und 870, wird der gewünschten Reaktion unterworfen, wobei es zu einem Produktgas wird, dann strömt dieses Gas in die Durchgangseinrichtungen 832 bzw. 882 und steigt durch diese auf, wobei es seine Restwärme an die Reaktionsbestandteile abgibt, die durch die Betten 820 und 870 nach unten kommen, und dann wird das Produktgas, nachdem es seine Restwärme weiter an das Ausgangsmaterialgas in dem obersten Raum über den jeweiligen Betten abgegeben hat, von entsprechenden Leitungen 834 und 884 zurückgewonnen.

## Beispiel

Messungen in Abhängigkeit von der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtungen waren in diesem Beispiel wie folgt.

Die Apparatur des Beispiels ist eine für die Herstellung eines Gases für eine Brennstoffzelle mit einer Ausgangsleistung von 50 kW.

	Dampf-Reformierungskatalysator	Ni (Gew.-%)	8,0
	dito	Volumen (Liter)	50
	Aktiver Bestandteil	Pd (Gew.-%)	2,0
10	des Verbrennungskatalysators		
	Dicke des Katalysatorbettes	(mm)	10
	Zugeführter Kohlenwasserstoff	(Volumen (Nm <sup>3</sup> /h))	10,6
	dito	Zusammensetzung (Vol.%)	
		CH <sub>4</sub>	88,5
15		C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	4,6
		C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	5,4
		i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,7
		n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,8
	Zugegebener Dampf	Menge (kg/h)	30,8
20	(Dampf/Kohlenstoff-Verhältnis)		3,0
	Sauerstoffhaltiges Gas	Volumen (Nm <sup>3</sup> /h)	148,1
	dito	Zusammensetzung (Vol.%)	
		N <sub>2</sub>	80,2
		O <sub>2</sub>	10,7
25		H <sub>2</sub> O	9,1
	Brennstoff	Volumen (Nm <sup>3</sup> /h)	23,1
	(unterer Brennwert 2235 kcal/Nm <sup>3</sup> ; = 9357,5 kJ/Nm <sup>3</sup> )		
	Produktgas	Volumen (Nm <sup>3</sup> /h)	69,8
30	dito	Zusammensetzung (Vol.%)	
		CH <sub>4</sub>	3,28
		H <sub>2</sub>	48,36
		CO	8,55
		CO <sub>2</sub>	6,44
35		H <sub>2</sub> O	33,37
	Temperatur des durch den Raum 150 strömenden Gases (°C)		400
	Oberflächentemperatur der Trennwandschicht 300 an der Eintrittsseite (°C)		400
40	Temperatur des Katalysatorbettes (°C)		1000
	Temperatur des Verbrennungsgases am Einlaß von Wärmeaustauscherrohr 150C (°C)		807
	Verbrennungsgas von der Vorrichtung Volumen (Nm <sup>3</sup> /h)		167,2
	Temperatur des Beschickungsgases zur Vergasungsreaktionskammer 818 (°C)		400
	Temperatur des Produktgases am Auslaß der Vergasungsreaktionskammer 818 (°C)		780
45	Temperatur des Produktgases, das von der Vorrichtung abgelassen wird (°C)		600
50			
55			
60			
65			

3810521

Nummer:  
Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

38 10 521  
B 01 J 8/02  
28. März 1988  
13. Oktober 1988  
fig. 1, 2, 3

FIG. 1

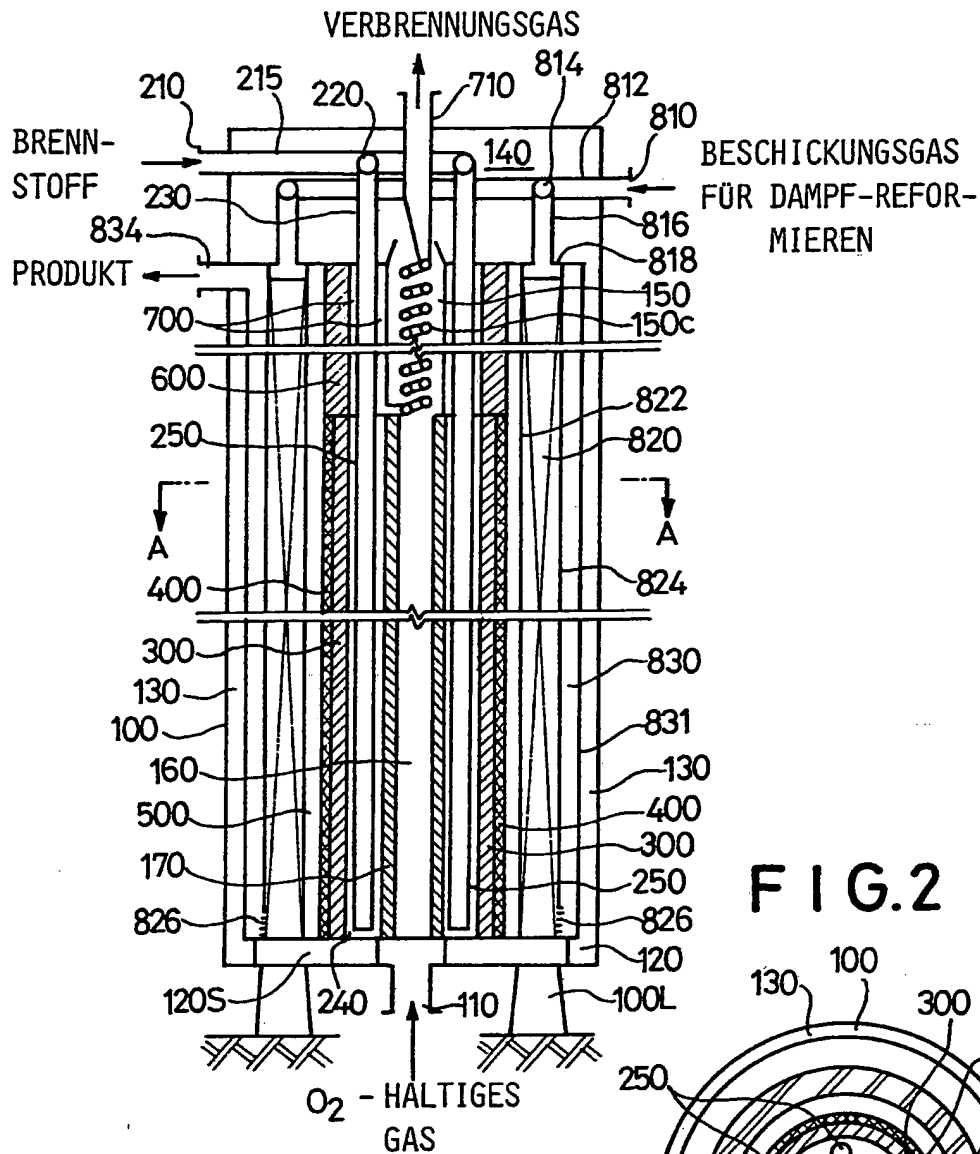


FIG. 2

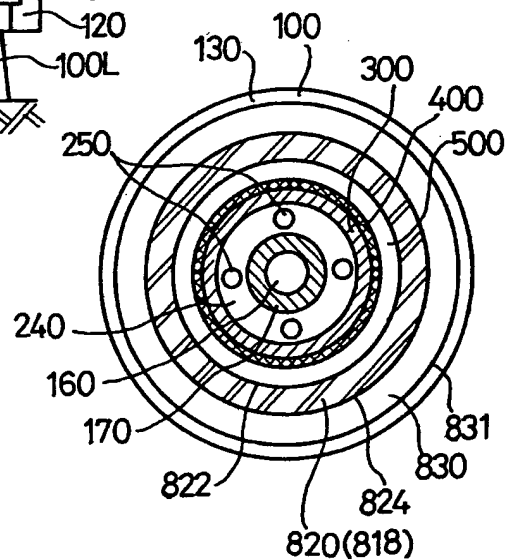
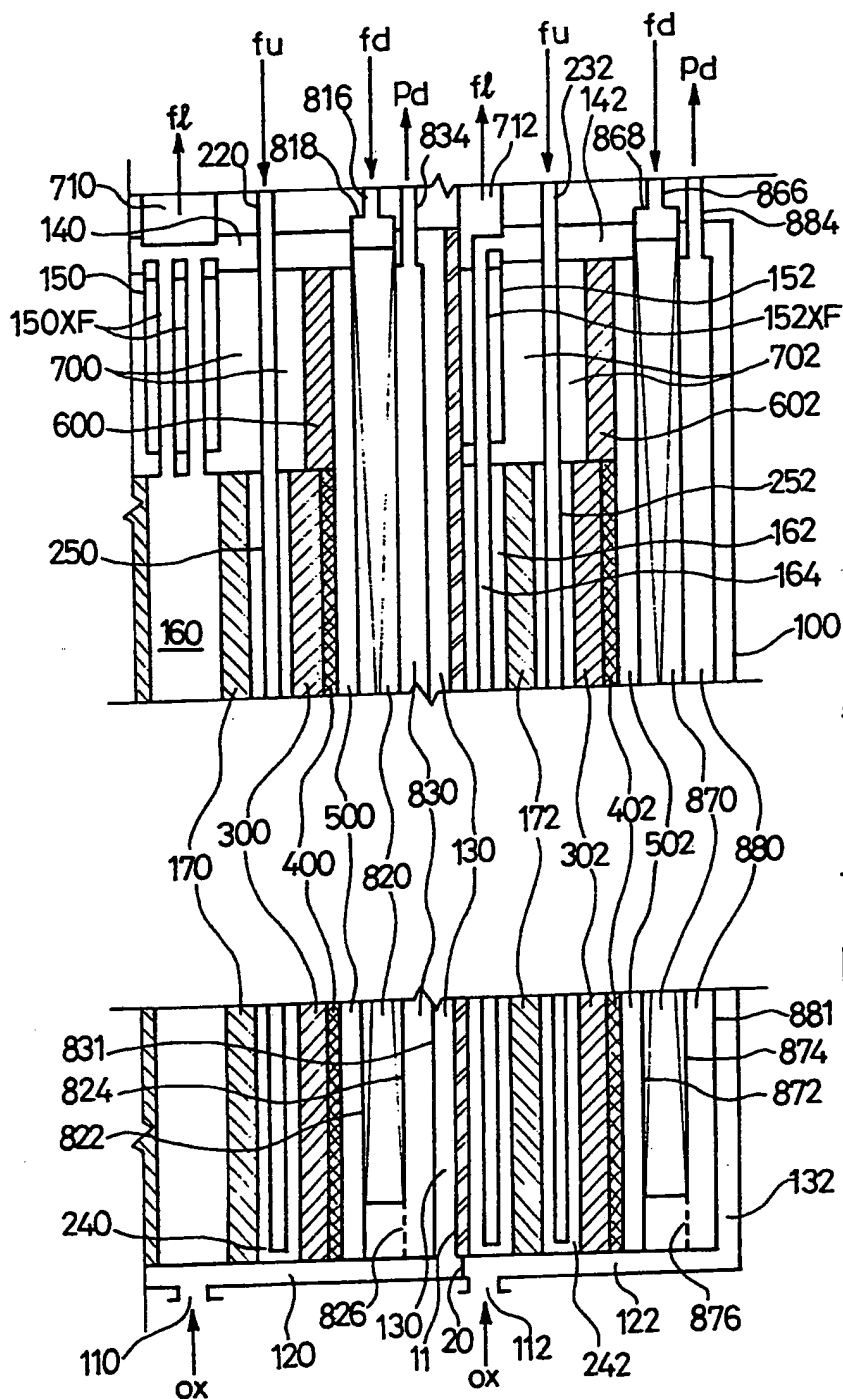




FIG. 3



$f_u$ : BRENNSTOFF  
 $ox$ :  $O_2$ -HALT. GAS  
 $f_l$ : VERBRENNUNGS-  
 GAS  
 $f_d$ : BESCHICKUNGS-  
 GAS  
 $pd$ : PRODUKTGAS

3810521

FIG. 4

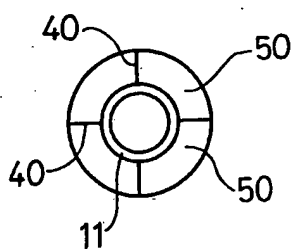
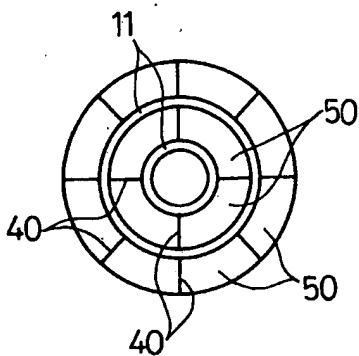


FIG. 5

(a)



(b)

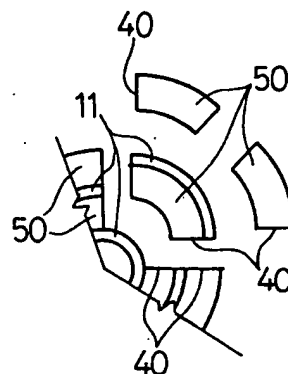
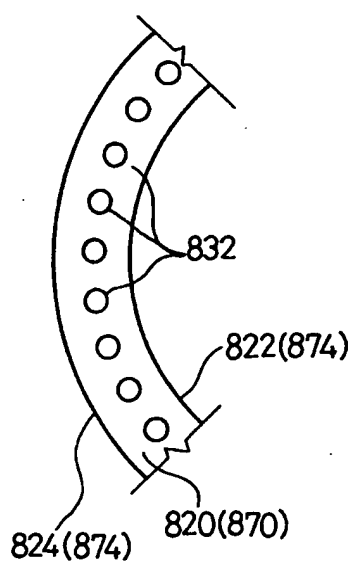
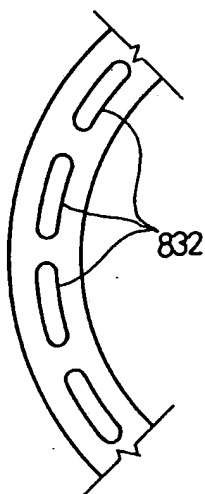


FIG. 8

(a)



(b)



(c)

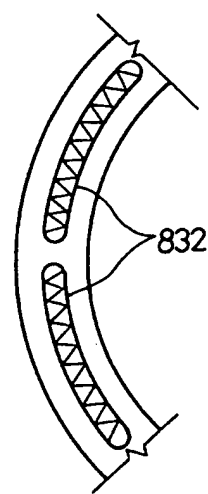
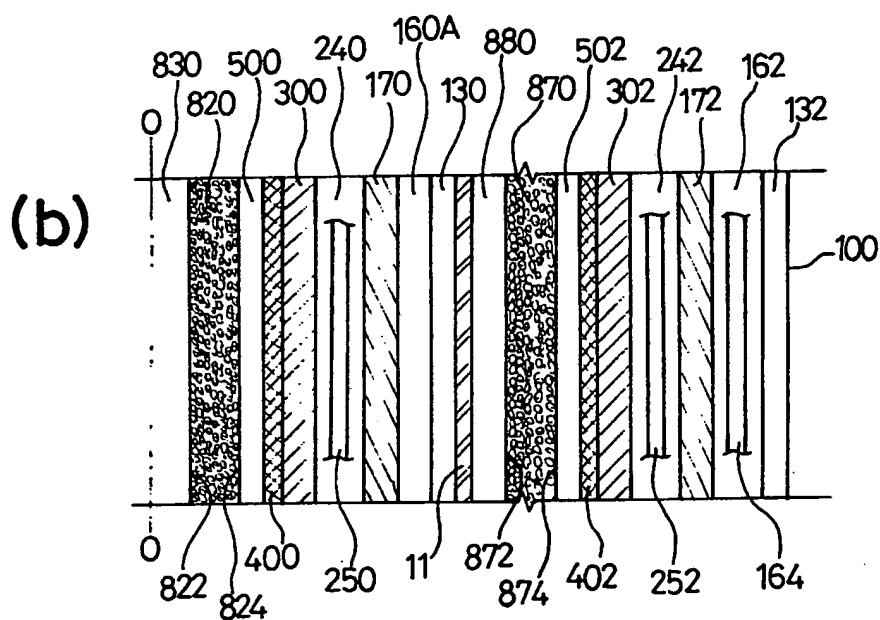
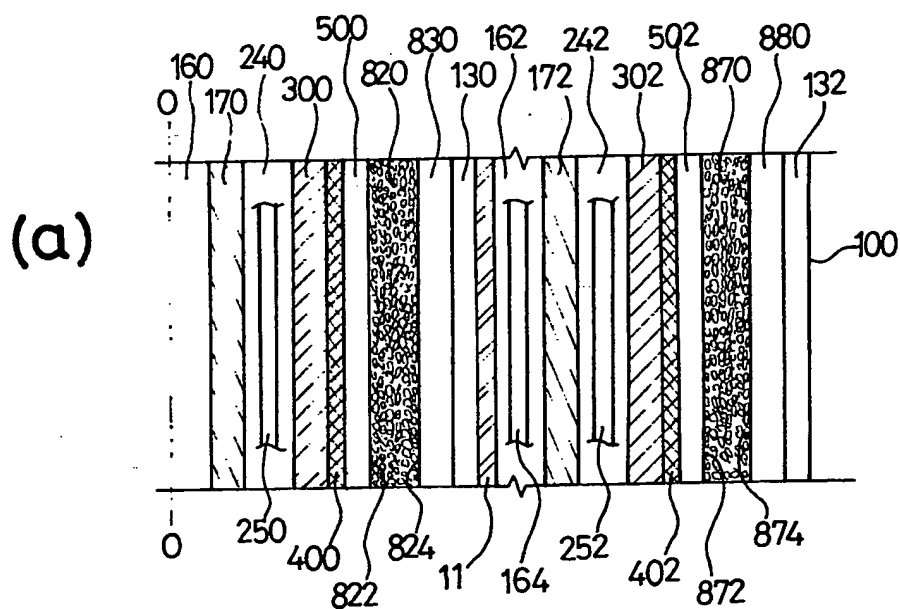
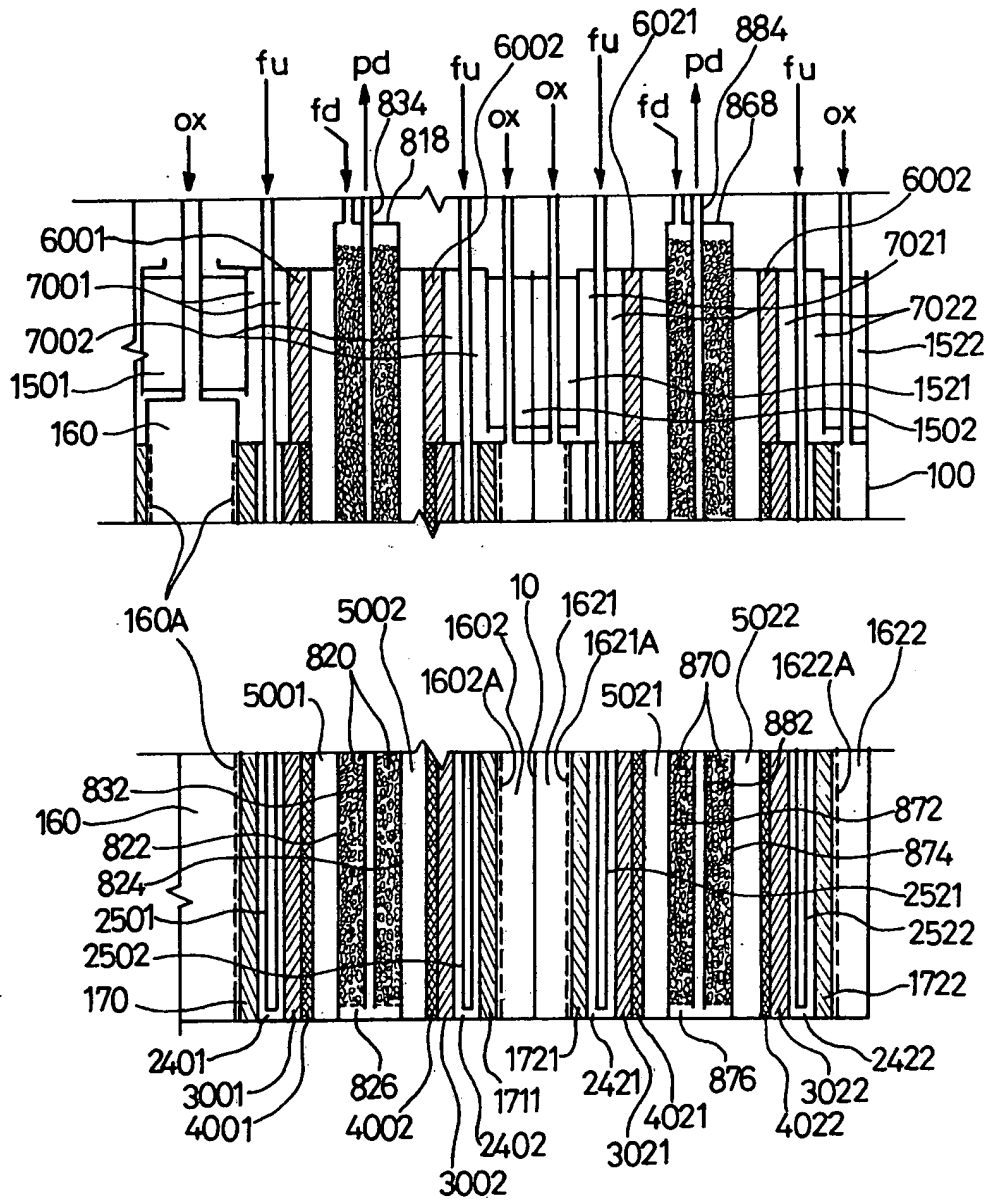


FIG. 6



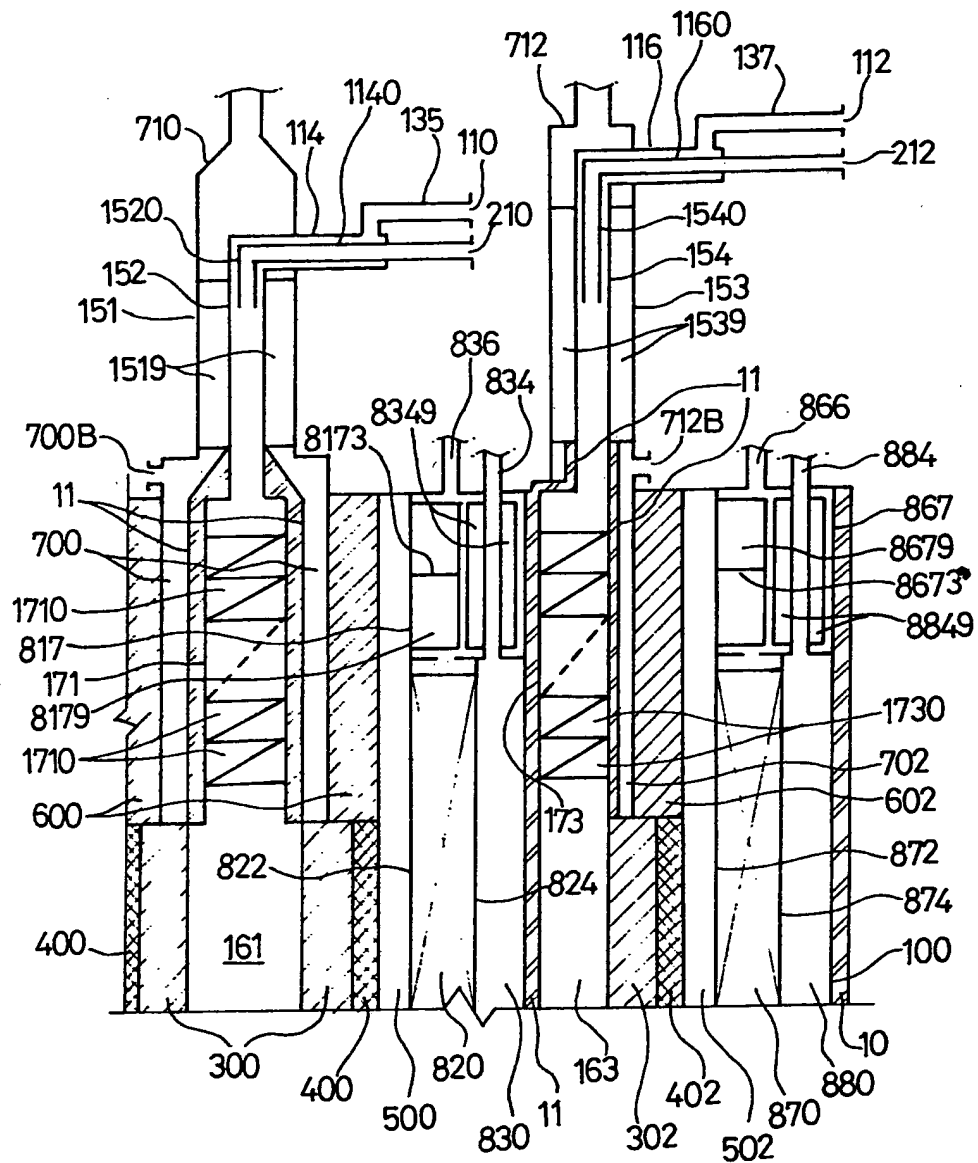
3810521

FIG. 7



3810521

**FIG. 9**



3810521

FIG. 10

